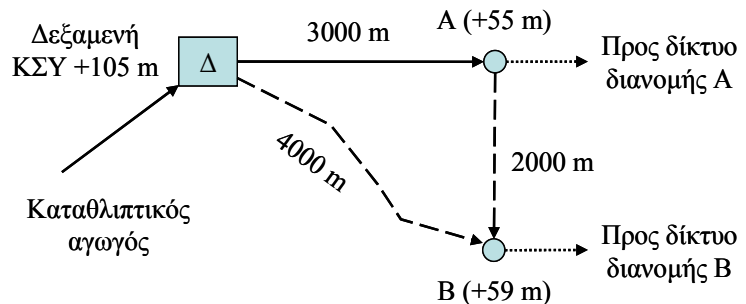


Μελετάται η ενίσχυση του υδρευτικού συστήματος της περιοχής Α, ώστε να εξυπηρετεί και τη γειτονική περιοχή Β. Στις δύο περιοχές, με πληθυσμό σχεδιασμού 10000 και 6000 άτομα, αντίστοιχα, αναπτύσσονται οικιακές, αποκλειστικά, χρήσεις νερού, με συντελεστή ωριαίας αιχμής $\lambda_{\Omega} = 2.0$. Σύμφωνα με τη μελέτη του εξωτερικού υδραγωγείου, προβλέπεται η κατασκευή καταθλιπτικού αγωγού, παροχής σχεδιασμού 60 L/s (για 20ωρη λειτουργία), και η επέκταση της δεξαμενής Δ, κατώτατης στάθμης +105 m, ώστε η ωφέλιμη χωρητικότητά της να φτάσει τα 2600 m³.

Η περιοχή Α τροφοδοτείται ήδη από τη δεξαμενή μέσω του αγωγού ΔΑ από PVC 10 atm διαμέτρου 355 mm και μήκους 3000 m. Για τη σύνδεση του δικτύου της περιοχής Β με τη δεξαμενή, εξετάζονται δύο εναλλακτικές διατάξεις, όπως φαίνεται στο σκαρίφημα: (α) η αξιοποίηση του υφιστάμενου αγωγού ΔΑ και η κατασκευή νέου αγωγού, μήκους 2000 m, στο τμήμα ΑΒ, ή (β) η απευθείας διασύνδεση της δεξαμενής Δ με το δίκτυο διανομής της περιοχής Β, μέσω του νέου αγωγού ΔΒ, μήκους 4000 m.



α) Υπολογίστε το χρονικό διάστημα βλάβης του καταθλιπτικού αγωγού που θα μπορεί να καλύψει το απόθεμα ασφαλείας της δεξαμενής την ημέρα αιχμής, με την παραδοχή ότι την ώρα που συμβαίνει η βλάβη έχει εξαντληθεί ο ρυθμιστικός της όγκος. Θεωρήστε ότι το ρυθμιστικό απόθεμα της δεξαμενής αντιστοιχεί στο 30% της μέγιστης ημερήσιας ζήτησης.

β) Για τις δύο εναλλακτικές διατάξεις, εκτιμήστε τις αντίστοιχες παροχές σχεδιασμού του αγωγού ΔΑ και των αγωγών ΑΒ και ΔΒ, για συνθήκες έκτακτης (λόγω πυρκαγιάς) φόρτισης του δικτύου των δύο περιοχών, θεωρώντας ταυτόχρονη λειτουργία έως 2 κρουσμών συνολικά, ονομαστικής παροχής 5 L/s.

γ) Υπολογίστε τις ελάχιστες πιέσεις που αναπτύσσονται στον κόμβο Α, με βάση το δυσμενέστερο σενάριο φόρτισης κάθε διάταξης, και εκτιμήστε τα ύψη κτηρίων που μπορούν να εξυπηρετηθούν στον κόμβο Α.

δ) Υπολογίστε τη διάμετρο των εναλλακτικών αγωγών ΑΒ και ΔΒ, και το αντίστοιχο κόστος, θεωρώντας ότι γύρω από τον κόμβο Β αναπτύσσονται κτήρια έως 3 ορόφων. Θεωρήστε αγωγούς HDPE 10 atm, το ανά μέτρο κόστος των οποίων δίνεται (σε €/m) από τη σχέση $\kappa = 60 \times 10^D$, όπου D η διάμετρος εμπορίου σε m.

Ερώτημα (α)

Αρχικά υπολογίζεται ο ρυθμιστικός όγκος της δεξαμενής, ο οποίος αφαιρείται εξ ολοκλήρου από τη συνολική χωρητικότητά της, καθώς θεωρείται ότι η βλάβη πραγματοποιείται στις δυσμενέστερες συνθήκες κατανάλωσης. Ο εν λόγω όγκος εκτιμάται ως το 30% του μέγιστου ημερήσιου, που με τη σειρά του υπολογίζεται με βάση την παροχή σχεδιασμού του καταθλιπτικού αγωγού. Συγκεκριμένα, αφού ο αγωγός λειτουργεί 20 ώρες, η μέγιστη ημερήσια παροχή των δύο οικισμών είναι:

$$Q_H = 60.0 \times 20 / 24 = 50.0 \text{ L/s}$$

Συνεπώς, ο μέγιστος ημερήσιος όγκος είναι $V_H = 50.0 \times 86400 / 1000 = 4320 \text{ m}^3$, οπότε ο ρυθμιστικός όγκος της δεξαμενής εκτιμάται σε $V_P = 0.30 \times 4320 = 1296 \text{ m}^3$. Το αντίστοιχο απόθεμα ασφαλείας ανέρχεται σε $V_A = 2600 - 1296 = 1304 \text{ m}^3$. Για την ημερήσια παροχή αιχμής του καταθλιπτικού αγωγού ($0.060 \text{ m}^3/\text{s}$), ο όγκος αυτός μπορεί να καλύψει χρονικό διάστημα βλάβης ίσο με:

$$T_B = 1304 / (3600 \times 0.060) = 6.0 \text{ h}$$

Ερώτημα (β)

Στους δύο οικισμούς αναπτύσσονται οικιακές χρήσεις νερού, για τις οποίες θεωρείται συντελεστής ωριαίας αιχμής $\lambda_\Omega = 2.0$. Συνεπώς, η συνολική μέγιστη ωριαία παροχή του συστήματος εκτιμάται σε:

$$Q_{\Omega, \text{ συν}} = 2.0 \times 50.0 = 100.0 \text{ L/s}$$

Η παροχή αυτή κατανέμεται αναλογικά στις δύο περιοχές (αφού δεν διαφοροποιούνται οι συνθήκες κατανάλωσης νερού), με βάση τον πληθυσμό τους. Συνεπώς:

$$Q_{\Omega, A} = 100.0 \times 10000 / (10000 + 6000) = 62.5 \text{ L/s}$$

$$Q_{\Omega, B} = 100.0 \times 6000 / (10000 + 6000) = 37.5 \text{ L/s}$$

Για την διάταξη (α) (κατασκευή αγωγού AB), το δυσμενέστερο σενάριο φόρτισης αφορά στην ενεργοποίηση δύο πυροσβεστικών κρουνών στην περιοχή B, συνολικής παροχής 10 L/s. Συνεπώς, οι παροχές σχεδιασμού των αγωγών ΔΑ και AB θα είναι:

$$Q_{\Delta A} = 100.0 + 10.0 = 110.0 \text{ L/s}$$

$$Q_{\Delta B} = 37.5 + 10.0 = 47.5 \text{ L/s}$$

Για την διάταξη (β) (κατασκευή αγωγού ΔB), το δυσμενέστερο σενάριο φόρτισης για τον αγωγό ΔA αφορά στην ενεργοποίηση δύο πυροσβεστικών κρουνών στην περιοχή A, συνολικής παροχής 10 L/s, ενώ για το δυσμενέστερο σενάριο για τον αγωγό ΔB αφορά στην ενεργοποίηση δύο πυροσβεστικών κρουνών στην περιοχή B. Συνεπώς, οι παροχές σχεδιασμού των αγωγών ΔA και ΔB θα είναι:

$$Q_{\Delta A} = 62.5 + 10.0 = 72.5 \text{ L/s}$$

$$Q_{\Delta B} = 37.5 + 10.0 = 47.5 \text{ L/s}$$

Κατά συνέπεια, και για τις δύο διατάξεις, η παροχή σχεδιασμού των εναλλακτικών αγωγών AB ή ΔB ανέρχεται σε 47.5 L/s, ενώ για τον αγωγό ΔA η δυσμενέστερη διάταξη είναι η (α), για την οποία προκύπτει παροχή σχεδιασμού 110.0 L/s.

Ερώτημα (γ)

Ο υπολογισμός των ελάχιστων πιέσεων που αναπτύσσονται στον κόμβο A (υψόμετρο εδάφους +55.0 m) γίνεται για την παροχή σχεδιασμού του αγωγού ΔA (διάταξη α) και με θεώρηση της δεξαμενής στην κατώτατη στάθμη ύδατος (+105 m).

Από τη γενικευμένη σχέση Manning, για παροχή $Q_{\Delta A} = 0.110 \text{ m}^3/\text{s}$, εσωτερική διάμετρο $D = 0.3122 \text{ m}$ (PVC 10 atm, $\varnothing 355 \text{ mm}$) και ισοδύναμη τραχύτητα $\varepsilon = 1.0 \text{ mm}$, εκτιμάται κλίση ενέργειας ίση με $J = 0.0090$. Συνεπώς, οι ενεργειακές απώλειες στον αγωγό ΔA, μήκους 3000 m, ανέρχονται σε:

$$h_{f\Delta A} = 0.0090 \times 3000 = 26.9 \text{ m}$$

Το ενεργειακό υψόμετρο στον κόμβο A θα είναι $H_A = 105.0 - 26.9 = 78.1 \text{ m}$, που αντιστοιχεί σε ύψος πίεσης $(P / \gamma)_A = 78.1 - 55.0 = 23.1 \text{ m}$. Το διαθέσιμο ύψος πίεσης επαρκεί για να εξυπηρετήσει κτήρια έως τεσσάρων ορόφων, το ελάχιστο απαιτούμενο των οποίων είναι $4 \times (4 + 1) = 20.0 \text{ m}$.

Ερώτημα (δ)

Για τη διαστασιολόγηση των δύο αγωγών λαμβάνεται η παροχή σχεδιασμού των 47.5 L/s, θεωρώντας ότι ικανοποιείται οριακά η απαίτηση ελάχιστων πιέσεων στον κόμβο Β. Για υψόμετρο εδάφους +59.0 m και τριώροφα κτήρια, το απαιτούμενο ενεργειακό υψόμετρο στον κόμβο Β είναι:

$$H_B = 59.0 + 4 \times (3 + 1) = 75.0 \text{ m}$$

Εφόσον κατασκευαστεί ο αγωγός ΑΒ, το ελάχιστο ενεργειακό υψόμετρο ανάντη εκτιμάται με βάση την παροχή σχεδιασμού του αγωγού ΔΑ (βλ. ερώτημα γ), οπότε η διαθέσιμη κλίση ενέργειας είναι:

$$J_{AB} = (H_A - H_B) / L_{AB} = (78.1 - 75.0) / 2000 = 0.0015$$

Αντίθετα, αν κατασκευαστεί ο αγωγός ΔΒ, το ελάχιστο ενεργειακό υψόμετρο ανάντη ταυτίζεται με την κατώτατη στάθμη της δεξαμενής, οπότε η διαθέσιμη κλίση ενέργειας θα είναι:

$$J_{AB} = (H_{\Delta} - H_B) / L_{\Delta B} = (105.0 - 75.0) / 4000 = 0.0075$$

Για τις δύο διατάξεις, επιλύεται η γενικευμένη σχέση Manning ως προς τη διάμετρο, η οποία στρογγυλεύεται στην αμέσως μεγαλύτερη διάμετρο εμπορίου για αγωγό HDPE 10.0 atm. Στη συνέχεια, υπολογίζονται το ανά μέτρο μήκους κόστος και το συνολικό κόστος των δύο λύσεων, με βάση το οποίο προκύπτει ότι η διάταξη (α) είναι σαφώς πιο οικονομική, παρόλο που το ανηγμένο (ανά μέτρο μήκους) κόστος της είναι υψηλότερο σε σχέση με τη διάταξη (β).

Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

	Αγωγός ΑΒ	Αγωγός ΔΒ
Μήκος (m)	2000	4000
Παροχή σχεδιασμού (m ³ /s)	0.047	0.047
Διαθέσιμη κλίση ενέργειας	0.0015	0.0075
Ελάχιστη απαιτούμενη διάμετρος (m)	0.3188	0.2355
Διάμετρος εμπορίου (mm)	355	250
Ανηγμένο κόστος (€/m)	135.9	106.7
Συνολικό κόστος (€)	271 757	426 787